PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 3. 20. Oktober 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
M. Maier, Einige Versuche mit den von radioaktivem Baryumchlorid emittierten Uranstrahlen. S. 33.
E. L. Nichols, Über die Temperatur der Acetylenflamme. S. 34.
Zusammenfassende Bearbeitungen:
B. Dessau, Neuere Untersuchungen über verflüssigte Gase und tiefe Temperaturen. (Fortsetzung.) S. 37.
Vorträge und Diskussionen von der 72. Naturforscherversammlung zu Aachen:
J. Drecker, Referat über direkte Farbenphotographie. S. 44.
Referate:
Das Slaby-Arcosche System der Funkentelegraphie. S. 45.
Besprechungen:
O. Behrendsen, Die mechanischen Werkstätten der Stadt Göttingen, ihre Geschichte und ihre gegenwärtige Einrichtung. S. 47.
Eingegangene Schriften. S. 48.
Personalien. S. 48.
Berichtigungen. S. 48.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Einige Versuche mit den von radioaktivem Baryumchlorid emittierten Uranstrahlen.

Von M. Maier.

Herr Dr. Giesel in Braunschweig war so liebenswürdig, mir zu Versuchen ein sehr radioaktives Präparat von Baryumchlorid zu überlassen. Das Gieselsche Präparat luminesciert im Dunkeln ziemlich intensiv mit weissem Lichte. Baryumplatincyanür und sogenannte Sidotblende, von Müller-Uri in Braunschweig bezogen, zeigen, von Radiumstrahlen getroffen, starke Luminescenz. Auf einer hochempfindlichen Bromsilbergelatinplatte erzeugten die vom Gieselschen Baryumchlorid ausgehenden Strahlen bereits bei einer Expositionszeit von 30 Sekunden eine kräftige Schwärzung, während ich bei Anwendung einer Joachimsthaler-Pechblende oder von Uranium nitricum, — von Merck in Darmstadt bezogen — erst bei einer Expositionszeit von 1 Stunde eine solche erhielt.

Sehr gross ist das Durchdringungsvermögen der von Giesels Präparat ausgehenden Radiumstrahlen. Bei einer Expositionszeit von 4 Minuten wird eine 4 mm dicke Eisenplatte und eine fast 20 mm dicke Quecksilberschicht von den Strahlen durchdrungen. Am 11. Februar 1900 habe ich das radioaktive Präparat von Herrn Dr. Giesel erhalten. Bis jetzt (5. September) hat die Intensität der Strahlung in messbarer Weise nicht abgenommen; ebenso wenig die Eigenluminescenz des Präparates. Die Ablenkbarkeit der von Giesels Präparat emittierten Strahlen im magnetischen Kraftfelde konnte ich konstatieren. Merkwürdig ist, dass sich nach meinen Versuchen die Ablenkbarkeit der Radiumstrahlen im magnetischen Felde weniger intensiv zeigte, wenn das die Strahlen emittierende Baryumchlorid in einem mit Hilfe einer Quecksilberluftpumpe — System Sprengel! — hergestellten Vakuum befand. Eine reguläre Reflexion der Uranstrahlen an fein polierten, dicken Metallplatten konnte ich nicht beobachten. Ebensowenig zeigte sich eine Refraktion, wenn ich die Uranstrahlen durch ein Quarzprisma gehen liess. Ueber Reflexion und Refraktion der Uranstrahlen hat namentlich H. Becquerel gearbeitet und zuletzt gleichfalls negative Resultate erzielt.[1])

Sehr viel Zeit und Mühe verwendete ich auf den experimentellen Nachweis einer Interferenz, beziehungsweise Beugung der Uranstrahlen. Vom Radium gehen bekanntlich zwei Arten von Strahlen aus: die einen sind durch magnetische Felder ablenkbar und gleichen in ihren physikalischen Eigenschaften den Kathodenstrahlen; die andern Strahlen sind nicht ablenkbar und verhalten sich sonst wie die Röntgenstrahlen. Sollten nun die nicht ablenkbaren Uranstrahlen transversale Zustandsänderungen, d. h. transversale Wellen periodischen oder nichtperiodischen Charakters sein, so müssten sie Interferenz, beziehungsweise Beugung aufweisen. Eine Beugungstheorie für nichtperiodische transversale Ätherwellen hat A. Sommerfeld aufgestellt.[2]) Zu den Beugungsversuchen wurde durch einen aus sehr dicken Stahlplatten gebildeten Spalt eine 1 mm breite Lichtlinie abgegrenzt. Die von diesem als Lichtquelle dienenden Spalte kommenden Uranstrahlen mussten, bevor sie zur photographischen Platte gelangen konnten, an scharfen Metallkanten vorübergehen oder sehr engmaschige Schwerdsche Beugungsgitter und Metallspalte von nur 0,05 mm Breite durchdringen. Trotz der vielen Versuche, namentlich mit dem nur

1) H. Becquerel, Comptes rendus **122**, 689—694, 1896; **128**, 771—777, 1899.

2) Sommerfeld, diese Zeitschrift **1**, 105 bis 111, 1899.

0,05 mm breiten Beugungsspalt konnte ich niemals irgend welche Beugungserscheinung nachweisen.

Auch Becquerel hat bei seinen Beugungsversuchen negative Resultate erhalten.[1])

Auch auf Polarisation habe ich die Uranstrahlen untersucht. Ich liess die von Giesels Baryumchlorid ausgehenden Strahlen durch Turmalinplatten gehen. Ich verwendete zu diesen Versuchen auch Joachimsthaler Pechblende und verschiedene Uranverbindungen. Ich konnte aber nicht beobachten, dass Turmalin die Strahlen polarisiert. Zu den nämlichen Resultaten sind schon früher H. Becquerel und Behrendsen gelangt.[2])

Bei allen Versuchen konnte ich beobachten, dass die Uranstrahlen an allen Körpern eine sehr intensive diffuse Reflexion erleiden und dass sie andere Körper, wie Ebonit, Aluminium, Blei und Eisen, wenn diese den neuen Strahlen längere Zeit exponiert waren, radioaktiv machen, aber nur für kürzere Zeit.

1) Becquerel, Comptes rendus **128**, 771 bis 777, 1899.
2) Becquerel, Comptes rendus **128**, 771 bis 777, 1899; Behrendsen, Wied. Ann. **69**, 221, 1899.

Schaufling bei Deggendorf, Physikalisches Privatlaboratorium.

(Eingegangen 20. September 1900.)

Über die Temperatur der Acetylenflamme.[1])

Von E. L. Nichols.

Über die Temperatur der Acetylenflamme herrschen grosse Meinungsverschiedenheiten. Die Temperatur berechnet sich aus der Verbrennungswärme des Gases nach Le Chatelier[2]) zwischen 2100° und 2420°. Messungen von Lewes[3]) gaben anderseits Temperaturen, welche tiefer lagen als die der gewöhnlichen Gasflammen, nämlich für die Spitze der leuchtenden Zone 1411° und für den Gipfel der nicht leuchtenden Zone 1517°. Smithells[4]) hat dagegen nachgewiesen, dass die Acetylenflamme an vielen Stellen eine Temperatur besitzt, welche höher ist als der Schmelzpunkt von Platin, eine Thatsache, welche leicht bestätigt werden kann durch Hineinbringen von dünnen Platindrähten in die flache Flamme, welche bei den gewöhnlich benutzten Brennern erhalten wird. Die Hauptschwierigkeit der Temperaturbestimmung mittelst eines Thermoelementes besteht darin, dass Wärme durch die Verbindungsdrähte durch Leitung weggeführt wird, so dass die Verbindungsstelle niemals eine so hohe Temperatur wie die gasförmige Hülle, in welcher sie sich befindet, annimmt. Um diese Schwierigkeit zu beseitigen, habe ich eine Serie von vier Thermoelementen: Platin, Platin-Rhodium (10 Prozent) angewandt, welche aus von Heraeus in Hanau gelieferten Drähten hergestellt waren. Der Durchmesser des Drahtes war bez. 0,01996 cm, 0,01598 cm, 0,01089 cm und 0,00821 cm. Die zu erhitzende Verbindungsstelle erhielt die in Figur 1 dargestellte Form. Sie wurde hergestellt, indem die Drähte nebeneinander in ein Glasrohr gebracht und parallel miteinander so nahe als möglich an den gegenüberliegenden Wänden der Röhre befestigt wurden, indem man das Platin an beiden Enden der Röhre in das Glas einschmolz. An dem einen Ende der Röhre wurden die Platindrähte, welche ungefähr 3 cm herausragten, in Form eines *V* durch die Knallgasflamme zusammengeschmolzen. Die Verbindungsstelle erhielt darauf die Form, welche in Figur 2 stark vergrössert wiedergegeben ist; die Spitze der Verbindungsstelle wurde abgeschnitten, um eine ebene Oberfläche mit einer möglichst dünnen Brücke der beiden Metalle zu bilden. Die Verbindungsstellen wurden einzeln in der Nähe der Acetylenflamme befestigt, so dass die Ebene der verstümmelten Spitze vertikal und parallel der flachen Seite der leuchtenden Flammenhülle gegenüber stand. Die freien Enden der Drähte wurden zu einem Kreis geschlossen; die zweite Lötstelle befand sich in einem Ölbad von konstanter Temperatur. Da die Temperatur der Flamme höher als der Schmelzpunkt des Platins liegt, und da die Verbindungsstelle stets eine niedrigere Temperatur

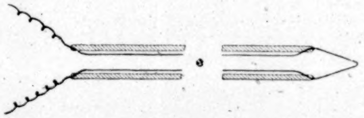

Fig. 1.

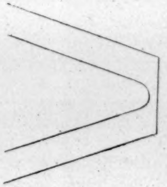

Fig. 2.

1) Ausführlich in Physic. Review **10**, 234, 1900.
2) Le Chatelier C. R. **121**, 1144, 1895.
3) Lewes, Chem. News **71**, 183, 1895.
4) Smithells, Journ. Chem. Soc. **67**, 1050, 1895.

annimmt, als die der Flamme, so konnte die letztere nur durch eine Reihe von annähernden Messungen ermittelt werden. Zu dem Zweck wurde zunächst die grösste der vier Verbindungsstellen in der eben beschriebenen Weise justiert, die Flamme mit Hülfe einer Mikrometerschraube allmählich genähert und die durch Erwärmung hervorgerufene elektromotorische Kraft gemessen, indem man mit einer Entfernung von 6 mm von der leuchtenden Hülle anfing und sich der letzteren näherte, bis die Lötstelle in die Hülle tauchte.

Sobald diese Stelle erreicht war, schwärzte sich die Lötstelle sofort mit Russ, und die Temperatur sank. In genau der gleichen Weise wurde mit den übrigen drei Verbindungsstellen verfahren; aber während an den zwei grösseren sich Russ absetzte, konnte die dritte (Durchmesser 0,01089) wegen ihrer hohen Temperatur bis in die Mitte der Flamme ohne Russabscheidung gebracht werden. Diese Lötstelle schmolz bei einem Punkt gerade jenseits der mittleren Flammenebene. Die vierte Lötstelle, welche durchweg wegen der Kleinheit des Durchmessers hohe Temperaturen annahm, schmolz bei einem Punkt, der ungefähr 1 mm von der leuchtenden Hülle entfernt lag. Aus den so erhaltenen Messungen wurden vier Kurven gezeichnet, welche sich nur in Bezug auf ihre Ordinaten voneinander unterschieden und die ohne nennenswerte Fehler bis zu der mittleren Ebene der Flamme extrapoliert werden konnten. Diese Reihe von Kurven lieferten die Daten, mit deren Hilfe man eine zweite Reihe von Kurven zeichnen konnte, welche die Temperaturen, wie sie von jeder einzelnen Lötstelle an jeder Stelle der Flamme angegeben wurden, anzeigte. Die Stellen, welche zu diesem Zweck gewählt wurden, waren 1 und 0,7 mm von der

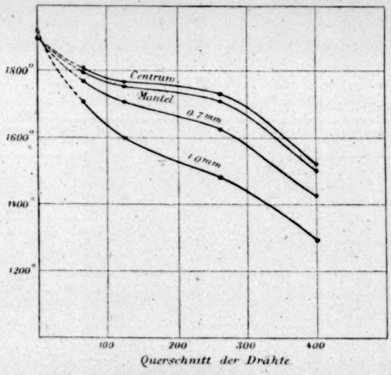

Fig. 3.

mittleren Ebene, und das Centrum (Figur 3) giebt diese zweite Reihe von Kurven wieder.

Durch Extrapolation dieser Kurven, bei denen die Abscissen die Querschnitte der Drähte und die Ordinaten Temperaturen sind, in der Richtung der abnehmenden Querschnitte, erhält man eine ziemlich sichere Schätzung der wahren Temperatur der leuchtenden Flammenhülle in der Nähe des Mittelpunktes der leuchtenden Fläche, wo die Intensität der Flamme dem Augenschein nach ein Maximum zu sein schien. Diese Stelle ist in Figur 4 durch ein ×

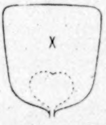

Fig. 4.

angedeutet. Wie erwartet, vereinigen sich die vier Kurven nahezu in der Linie des Querschnittes Null, und die so extrapolierte Temperatur ist nahezu 1920°. Allerdings ist jede Extrapolation selbst auf eine kleine Strecke unsicher, aber offenbar geht aus dem Lauf der Kurven hervor, dass eine jede nach oben geht und dass sie alle die Linie des Durchmessers Null bei einer Temperatur schneiden, die nicht weit von der gegebenen entfernt liegt. Der Durchschnittspunkt liegt über 100° höher als die höchste Temperatur, welche selbst von dem kleinsten Thermoelement angezeigt wurde. Wir können daher mit Sicherheit schliessen, dass beinahe alle Messresultate von Flammentemperaturen zu niedrig liegen, weil die Korrektion für den Verlust der Wärme durch Leitung durch den Draht nicht angebracht worden ist. Meine Lötstelle No. 4 besitzt, soviel ich weiss, den geringsten Querschnitt von allen bisher benutzten Apparaten. Mit dickeren Drähten muss die Korrektion für den Wärmeverlust noch grösser sein, ausser in den Fällen, wie in den Versuchen von Smithells[1]), bei denen dafür gesorgt war, dass ein beträchtlicher Teil des Drahtes sich innerhalb dar Flamme befand. Vergleichungshalber habe ich in ähnlicher Weise wie oben beschrieben die Temperatur der leuchtenden Flamme von gewöhnlichem Gas und von einer Kerze gemessen. Das benutzte Gas strömte aus einer Lavaspitze aus und gab eine flache Flamme von der gewöhnlichen Gestalt. Der Bezirk, welcher gemessen wurde, erstreckte sich über die Stelle der grössten Helligkeit, welche unmittelbar oberhalb des nichtleuchtenden Kegels lag. Die Messungen

1) Smithells l. c.

ergaben für die Temperatur mit Hilfe des Thermoelementes mit Querschnitt Null für diese Stelle 1780°, eine Temperatur, welche hinreicht, um Smithells' Versuche zu bestätigen, welche mit schmelzenden Platindrähten von geringem Durchmesser in dem äusseren Teil der Flamme angestellt waren.

Was die Kerze betrifft, so wurde die leuchtende Hülle von oben bis unten untersucht und es ergab sich, dass die Temperaturen zwischen 1452° an der Spitze der Flamme und 1675° in der leuchtenden Flamme gerade oberhalb der Spitze des nicht leuchtenden Teiles der Flamme lagen und bis 1400° an der Basis herabsanken. Diese Zahlen sind viel höher als die, welche gewöhnlich für die Kerzenflamme angenommen werden; sie stimmen aber nahe mit den von Lummer und Pringsheim[1]) nach einer indirekten Methode ermittelten und vor kurzem der Deutschen Physikalischen Gesellschaft mitgeteilten Versuchsergebnissen überein. Ihr durch Schätzung gewonnener Wert der Temperatur einer Kerzenflamme, der auf eine Beziehung zwischen der Lage des Maximums in der Energiekurve des Spektrums einer Lichtquelle und der Temperatur beruht, wobei die Annahme gemacht wird, dass die strahlenden Substanzen in der Flamme die strahlenden Eigenschaften eines schwarzen Körpers besitzen, betrug 1687°, eine Zahl welche um 17° höher liegt als die oben gegebene Zahl. Da der glühende Kohlenstoff, welcher das Licht in der Flamme aussendet, keine höhere strahlende Kraft besitzen kann, als der ideale schwarze Körper, sondern wahrscheinlich eine geringere, so ist ihr Wert eher zu hoch als zu niedrig.

Bekanntlich können die Platindrähte von sehr geringem Durchmesser, welche unter dem Namen Wollaston-Drähte in den Handel kommen, in der Kerzenflamme geschmolzen werden; dies scheint darauf hinzuweisen, dass die Temperatur noch höher sein muss als die von Lummer und Pringsheim und von mir gefundene. Ich habe den Versuch wiederholt und fand, dass thatsächlich der Wollastondraht in der Flamme schmilzt. Bestimmungen des Schmelzpunktes dieses Drahtes gaben 1674° und nach Behandlung mit Salpetersäure während 24 Stunden 1687°, woraus man schliessen kann, dass die Probe meines Drahtes und wohl alle solche Drähte aus unreinem Platin hergestellt werden, dessen Schmelzpunkt tiefer liegt als der des reinen Platins. Man braucht daher nicht anzunehmen, dass die Temperatur der Flamme höher liegt als oben angegeben wurde, um das Schmelzen des Drahtes zu erklären. Um durch direkte Beobachtungen die Richtigkeit dieses Schlusses zu bestätigen, habe ich den Schmelzpunkt von Platin von Heraeus bestimmt. Zu diesem Zweck wurde ein Stück des Drahtes, welches für Lötstelle 4 benutzt war, zu einem flachen Streifen gerollt. Hiervon wurde ein Stück ungefähr 0,01 cm lang abgeschnitten und um die Lötstelle geschlungen. Als die Fläche der Acetylenflamme allmählich der Lötstelle genähert wurde, bis der Streifen schmolz, ergab sich als Schmelzpunkt 1775°. Versuche über das Schmelzen von Gold, Platin, Palladium und anderen Metallen überzeugten mich von der Zuverlässigkeit meiner Methode. Die letztere ist nach meiner Meinung die bequemste und genaueste Methode der Calibrierung von Thermoelementen. Eine genaue Beschreibung derselben wird in einer besonderen Abhandlung veröffentlicht werden.

Die in diesem Aufsatze mitgeteilten Temperaturen beruhen auf einer Skala, welche insofern etwas willkürlich ist, als der Schmelzpunkt des Platins zu 1775° und der des Goldes zu 1070° angenommen worden ist. Bis jetzt hat das Arbeiten mit hohen Temperaturen noch keinen hohen Grad der Vervollkommnung erreicht, so dass man sich mit rohen Bestimmungen solcher Schmelzpunkte begnügen muss. Aber wenn man auch die wirklichen Temperaturen der Schmelzpunkte von Gold und Platin noch nicht kennt, so stimmen doch die Platin-, Platin-Rhodiumelemente soweit untereinander überein, dass, wenn einmal diese zwei Punkte genau bestimmt worden sind, nur geringer Zweifel hinsichtlich der relativen Werte der zwischenliegenden Temperaturen herrschen kann. Da meine Materialien aus derselben Quelle stammen, wie die von Holborn und Wien,[1]) so habe ich mich damit begnügt, ihre Kurve zu verwenden, nur die Ordinaten habe ich verschoben, so dass die Kurve durch die Punkte hindurchgeht, welche den elektromotorischen Kräften der Schmelzpunkte des Goldes und Platins, wie sie von mir bestimmt wurden, entsprechen.

1) Lummer und Pringsheim, Verh. Deutsch. Phys. Ges. 1899, 214.

1) Holborn und Wien, Wied. Ann. **47**, 1007 und **56**, 360.

Physikal. Institut der Cornell-Universität.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 3. September 1900.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Neuere Untersuchungen über verflüssigte Gase und tiefe Temperaturen.

Von B. Dessau.

(Fortsetzung.)

Änderungen in der Intensität und Zusammensetzung der Farbe verschiedener Substanzen (Quecksilberjodid, Kaliumbichromat etc.) durch tiefe Temperaturen sind von Schwalbe, Dewar und anderen Beobachtern konstatiert worden. Den Einfluss tiefer Temperaturen auf das Phosphoreszenzlicht hat anscheinend zuerst G. A. Bardetscher[1]) studiert; später haben Pictet,[2]) Dewar,[3]) A. und L. Lumière[4]) und Trowbridge[5]) sich mit dem gleichen Gegenstande befasst. Übereinstimmend finden sie, dass durch Temperaturerniedrigung zunächst die Farbe des Phosphoreszenzlichtes im Sinne einer Verschiebung gegen das rote Ende des Spektrums verändert wird und an Intensität verliert und dass bei einer je nach der untersuchten Substanz verschiedenen Temperatur die Phosphoreszenz vollständig aufhört; letzteres fand nach Lumière bei einigen Sulfiden bereits bei — 10°, bei anderen erst bei — 190° statt. Die Rückkehr zur gewöhnlichen Temperatur lässt übrigens, auch wenn sie erst nach längerer Zeit erfolgt, die Phosphoreszenz wieder hervortreten, und ebenso ist die Fähigkeit, Energie aufzuspeichern, durch die tiefe Temperatur nicht aufgehoben; werden phosphoreszierende Substanzen bei — 200° belichtet, so tritt bei der Rückkehr zur gewöhnlichen Temperatur Thermolumineszenz ein, die sogar unter Umständen weit intensiver sein kann, als die unter gewöhnlichen Bedingungen erhaltene. Es gelingt unter diesen Verhältnissen sogar, Substanzen, die auf andere Weise nicht zum Phosphoreszieren zu bringen sind, leuchtend zu machen. Dewar beobachtete dies an Gelatine, Paraffin, Eierschalen, Federn, den fluoreszierenden Lösungen der Alkaloide u. s. w., Trowbridge an Gummi arabicum, Elfenbein, Celluloid, Papier und anderen Materialien. Die Wirkung des elektrischen Lichtes, des Magnesiumlichtes und der Röntgenstrahlen ist nach Lumière bei — 200° die gleiche wie bei gewöhnlicher Temperatur; dasselbe gilt von der auslöschenden Wirkung der infraroten Strahlen. Fluoreszierende Substanzen werden in flüssiger Luft durch Röntgenstrahlen ebenso erregt wie bei gewöhnlicher Temperatur.

1) Mitt. der naturf. Ges. Bern 1888; Beibl. **16**, 742, 1892.
2) C. R. **119**, 527, 1894.
3) Chem. News **70**, 252, 1894.
4) C. R. **128**, 359 und 549, 1899.
5) Science (2) **10**, 244, 1899.

Über spezifische Wärmen bei tiefen Temperaturen lagen bis vor wenigen Jahren nur vereinzelte Messungen zwischen Zimmertemperatur und der Temperatur der Alkoholkohlensäuremischung vor. Neuerdings haben U. Behn,[1]) C. C. Trowbridge[2]) und W. A. Tilden[3]) die spezifischen Wärmen einer Reihe von Metallen und des Graphits nach dem Mischungsverfahren bis zur Temperatur der flüssigen Luft verfolgt. Die umfangreichsten Messungen hat Behn vorgenommen; seine Resultate sind, zusammen mit den Resultaten anderer Beobachter für das Intervall + 100 bis + 18°, in folgender Tabelle vereinigt:

	Mittlere spez. Wärme			Atom-gew.	Mittlere Atomwärme		
	+100° bis +18°	+18° bis −79°	−79° bis −186°		+100° bis +18°	+18° bis −79°	−79° bis −186°
Pb	0,0310	0,0300	0,0291	207	6,4	6,2	6,0
Pt	0,0324	0,0311	0,0277	195	6,3	6,1	5,4
Ir	0,0323	0,0303	0,0263	193	6,2	5,8	5,1
Sb	0,050	0,0484	0,0462	120	6,0	5,8	5,5
Sn	0,055	0,0518	0,0486	118,5	6,5	6,1	5,8
Cd	0,056	0,0537	0,0498	112	6,3	6,0	5,6
Ag	0,056	0,0544	0,0496	107,9	6,0	5,9	5,4
Pd	0,059	0,0567	0,0491	106	6,3	6,0	5,2
Zn	0,094	0,0893	0,0798	65,4	6,1	5,8	5,2
Cu	0,093	0,0883	0,0716	63,6	6,0	5,6	4,5
Ni	0,109	0,0983	0,0743	58,7	6,4	5,8	4,3
Fe	0,113	0,0999	0,0721	56,0	6,3	5,6	4,0
Al	0,22	0,195	0,153	27,1	6,0	5,3	4,2
Mg	0,25	0,233	0,189	24,4	6,1	5,7	4,6
C	0,197	0,141	0,075	12,0	2,4	1,7	0,9

Für Kupfer, Eisen und Aluminium hat Trowbridge erheblich höhere Werte gefunden; doch ist Behn geneigt, die Ursache dieser Verschiedenheit in der Versuchsanordnung von Trowbridge und in der Annahme eines zu hohen Wertes für den Siedepunkt der flüssigen Luft zu suchen. Für chemisch reines Kobalt und Nickel findet Tilden folgende Werte:

Von + 100°	bis + 15°	Co: 0,10303	Ni: 0,10842
„ + 15°	„ — 78,4°	„ 0,0939	„ 0,0975
„ + 15°	„ — 182,4°	„ 0,0822	„ 0,0838
„ — 78,4°	„ — 182,4°	„ 0,0712	„ 0,0719.

Die spezifischen Wärmen der beiden Metalle streben also bei tiefen Temperaturen dem gleichen Werte zu, und dasselbe gilt somit von den Atomwärmen; die Annahme jedoch, dass der Grenzwert der Atomwärmen überhaupt für alle Metalle der gleiche sein werde, findet sich

1) Wied. Ann. **66**, 237, 1898; Ann. (4) 1, 257, 1900.
2) Science (2) **8**, 6, 1898.
3) Proc. Roy. Soc. **66**, 244, 1900.

nach Tilden nicht bestätigt. Letzteres zeigen auch die Messungen von Behn (s. die obige Tabelle), welche anderseits insofern von besonderem Interesse sind, als sie wertvolle Belege für die von F. Richarz[1]) entwickelte Theorie des Gesetzes von Dulong und Petit liefern. Nach Richarz müssen nämlich diejenigen Elemente, welche der Regel von Dulong und Petit bei Zimmertemperatur nicht folgen, eine besonders starke Abhängigkeit ihrer spezifischen Wärme von der Temperatur aufweisen; der Grund beider Erscheinungen ist darin zu suchen, dass bei diesen Elementen die Verrückungen der Atome, welche die Wärmebewegung darstellen, nicht mehr gegen die Abstände zwischen den Atomen verschwinden. Dies aber wird dann eintreten, wenn die Abstände zwischen den Atomen klein, oder wenn die Verrückungen gross sind; und letzteres muss caeteris paribus offenbar um so mehr dort der Fall sein, wo das Atomgewicht klein ist, da Atome von geringerem Gewicht grössere Geschwindigkeiten, also auch grössere Elongationen erreichen müssen. Die grösste Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur ist dann zu erwarten, wenn kleines Atomgewicht und kleines Atomvolumen zusammentreffen.

Betreffs der Ableitung dieser Anschauungen aus allgemeinen Annahmen hinsichtlich der Atombewegung muss auf die Arbeit von Richarz verwiesen werden, wo zugleich die Konsequenzen der Theorie an Elementen bis zum Atomgewicht 40 geprüft sind; weitere Bestätigungen liefern, wie gesagt, die Messungen von Behn, denn die obige Tabelle zeigt in der That, dass die spezifische Wärme um so stärker mit der Temperatur abnimmt, je kleiner das Atomgewicht ist. Infolgedessen hat *Pb* (Atomgewicht 207) auch bei tiefen Temperaturen noch die Atomwärme 6,0; für Atomgewichte von 195 bis 107 beträgt die Atomwärme im Mittel ca. 5,4; mit abnehmendem Atomgewicht sinkt dieselbe immer weiter und beträgt für Graphit bei tiefen Temperaturen nur noch 0,9. Ordnet man anderseits die Elemente nach Lothar Meyer nach steigendem Atomgewicht und trägt die Atomvolumina als Ordinaten auf, so zeigt sich der Einfluss des Atomvolumens noch für diejenigen Elemente, welche ihren Platz in der Nähe des dritten, vierten und fünften Minimums der so erhaltenen periodischen Kurve finden. Für diese Elemente nimmt die spezifische Wärme bei der Abkühlung in stärkerem Masse ab, als für die in Bezug auf das Atomgewicht benachbarten, aber mit grösserem Atomvolumen begabten; so für *Fe*, *Ni*, *Cu* stärker als für *Zn*; für *Pd* und *Ag* stärker als für *Cd*, *Sn*, *Sb*; für *Ir* und *Pt* stärker als für *Pb*.

1) Wied. Ann. **48**, 708, 1893. Nat. Rundsch. 1900, 221.

Ungemein wichtig für das Arbeiten bei tiefen Temperaturen im allgemeinen sind die Beobachtungen von R. Pictet[1]) über Strahlung und Diathermanität bei diesen Temperaturen. Pictet hatte wahrgenommen, dass ein Thermometer, welches sich in einem doppelwandigen Kupfergefässe befand und durch eine in dem Zwischenraum zwischen den Gefässwandungen verdampfende Flüssigkeit auf eine Anfangstemperatur von -165^0 gebracht worden war, durch Strahlung von aussen anfangs die gleichen Wärmemengen empfing, mochte nun das Kühlgefäss mit verschiedenen Isoliermaterialien in wechselnder Dicke umgeben oder überhaupt nicht gegen Strahlung von aussen geschützt sein. Erst nachdem die Temperatur auf -100^0 gestiegen war, begann die Kurve, welche die eindringende Wärmemenge als Funktion der Zeit darstellt, je nach der Art und Dicke des angewendeten Isoliermaterials einen etwas verschiedenen Verlauf zu nehmen, es begann also eine verschiedene Durchlässigkeit für strahlende Wärme hervorzutreten; von diesem Punkte ab stiegen auch die einzelnen Kurven weniger rasch an als zuvor, die Temperaturzunahme ging also langsamer vor sich. Zwischen -50^0 und -20^0 trennten sich die Kurven mehr und mehr von einander und zwischen -20^0 und $+10^0$ war die Abweichung am grössten geworden; damit begann auch die normale Abhängigkeit der Schutzwirkung von der Dicke der Umhüllung. Pictet schloss aus diesen Beobachtungen, dass für die Strahlen, welche einer Temperatur des strahlenden Körpers von -70^0 und darunter entsprechen, die gewöhnlich als Wärmeschutzmittel benutzten Stoffe vollständig diatherman sind und somit bei Arbeiten bei tiefen Temperaturen keinen Schutz gewähren. Wroblewski, Olszewski u. A. haben es deshalb vorgezogen, bei Versuchen mit verflüssigten Gasen offene, mehrwandige Gefässe zu benutzen, welche derart angeordnet sind, dass das aus der verdampfenden Flüssigkeit im innersten Gefässe aufsteigende kalte und schwere Gas längs der Aussenseite dieses Gefässes abwärts fliesst. Wirksamer noch sind die von Dewar eingeführten Gefässe, deren Doppelwandung einen allseitig geschlossenen Hohlraum bildet, der evakuiert und eventuell an der Innenseite auch versilbert ist. Allerdings ist, wie auch neuere Beobachtungen von W. Hempel[2]) gezeigt haben, das Isolierungsvermögen der Dewarschen Gefässe in hohem Grade von der Güte des Vakuums abhängig, und anderseits gewähren nach diesen Beobachtungen bis zu Temperaturen von -70^0

1) Arch. de Genève (3) **32**, 233, 465 und 561, 1894; Zeitschr. f. phys. Chem. **16**, 417, 1895.
2) Chem. Ber. **31**, 2993, 1898.

Eiderdaunen und Wollabfälle den gleichen oder sogar noch besseren Schutz wie die Dewarschen Gefässe.

Von grundlegender Bedeutung für alle einschlägigen Untersuchungen ist die Frage einer zuverlässigen und zugleich bequemen Messung tiefer Temperaturen. Fundamentalinstrument bleibt allerdings stets das Wasserstoffthermometer, dessen Angaben wenigstens innerhalb sehr weiter Temperaturgrenzen der absoluten thermodynamischen Skala so nahe kommen, dass eine Abweichung nicht konstatiert werden kann; nach den Untersuchungen von Olszewski[1]) an Thermometern mit Sauerstoff- und mit Stickstofffüllung, sowie von Chappuis[2]) an solchen mit Kohlensäurefüllung bleiben die Angaben des Gasthermometers, wofern der Anfangsdruck bei der Füllung zweckmässig gewählt wurde, selbst bei Temperaturen, welche erheblich unterhalb der kritischen Temperatur des betreffenden Gases liegen, noch zuverlässig; und dass dies für das Wasserstoffthermometer mit konstantem Volumen auch bei den tiefsten erreichbaren Temperaturen noch mit hinreichender Genauigkeit gilt, zeigt die von Olszewski[3]) festgestellte Übereinstimmung zwischen den Angaben zweier Thermometer mit Wasserstoff- bezw. mit Heliumfüllung. Für den praktischen Gebrauch indessen ist das Gasthermometer in den meisten Fällen wenig geeignet; von den Flüssigkeitsthermometern sind diejenigen mit Alkoholfüllung wegen der ungleichförmigen Ausdehnung des Alkohols und seiner Adhäsion an den Wandungen der Kapillare nicht zuverlässig; auch ist ihr Temperaturbereich ein beschränkter. Letzteres gilt ebenso von dem von Chappuis[4]) studierten Toluolthermometer. Als geeignetste Flüssigkeit zur Füllung von Thermometern für tiefe Temperaturen hat sich nach Kohlrausch[5]) der bei 33^0 siedende Petroleumäther erwiesen, der bis zur Temperatur der flüssigen Luft hinreichend flüssig bleibt; sein (mit der Temperatur wachsender) Ausdehnungskoeffizient ist durch Kohlrausch für das Temperaturintervall zwischen — 188^0 und 30,7^0 bestimmt und damit sind die Angaben des Petroleumätherthermometers auf diejenigen des Wasserstoffthermometers reduzierbar gemacht. Die bequemsten und für jedes Temperaturintervall brauchbaren, bei richtiger Handhabung auch hinreichend genauen Verfahren zur Bestimmung tiefer Temperaturen gründen sich jedoch nicht auf die Messung von Volumen- oder Druckänderungen, sondern auf die Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit und auf das thermoelektrische Verhalten bei diesen Temperaturen.

1) Wied. Ann. **31**, 69, 1887.
2) Trav. et Mém. du Bureau Intern. des Poids et Mesures **6**, 92, 1888.
3) Bull. de l'Ac. des Sciences de Cracovie Juni 1896; Nature **54**, 377, 1896.
4) Arch. des Sciences (3), **28**, 293, 1892.
5) Wied. Ann. **60**, 463, 1897.

Genaue Messungen des Leitungswiderstandes von Metallen bei tiefen Temperaturen haben zuerst Wroblewski,[1]) sowie Cailletet und Bouty[2]) vorgenommen. Der erstere fand z. B. den Leitungswiderstand einer Kupferdrahtspirale bei 0^0 = 3,614 Ohm, bei — 103^0 = 2,073 Ohm und bei — 200^0 = 0,414 Ohm; der Widerstand sinkt also rascher als die absolute Temperatur. Ein ähnliches Resultat erhielten für Kupfer auch Cailletet und Bouty, während sie bei anderen Metallen bis zu — 113^0 zum Teil die Abnahme des Leitungswiderstandes der Temperaturänderung proportional fanden. Allgemein lässt sich der Leitungswiderstand als Funktion der Temperatur durch eine Gleichung zweiten Grades

(1) $$R = R_0 (1 + at + bt^2)$$

darstellen; und ebenso erscheint umgekehrt, wenn die Widerstandsmessung zur Bestimmung der Temperatur dienen soll, diese letztere als Funktion des gemessenen Widerstandes durch eine Gleichung von der Form

(2) $$t = a' + b' R + c' R^2$$

ausgedrückt. Als Metall, dessen Widerstandsänderung zur Temperaturbestimmung dienen soll, eignet sich am besten das Platin. Ein dünner Platindraht zeigt, wenn er gegen äussere Einflüsse geschützt ist, auch nach bedeutenden und raschen Temperaturveränderungen für die gleiche Temperatur wieder den gleichen Widerstand; das Platinwiderstandsthermometer erfüllt also die wichtige Bedingung der Konstanz des Nullpunktes; und ebenso liefern verschiedene derartige Thermometer, nachdem die Konstanten der Gleichung (2) für jedes derselben durch Widerstandsmessung bei bekannten festen Temperaturen bestimmt sind, ganz oder nahezu die gleichen Temperaturangaben, welche von denjenigen des Gasthermometers um höchstens 1^0 abweichen. So fanden L. Holborn und W. Wien[3]) für einen Platindraht, dessen Gleichung zu

(2a) $$t = -258{,}3 + 5{,}0567\, R + 0{,}005855\, R^2$$

ermittelt war, in einem Bade von schmelzendem Äther bei verschiedenen Temperaturen einen Widerstand von

27,56 23,13 21,87 Ohm,

woraus sich nach obiger Formel bezw. die Temperaturen

— 114,5^0 — 138,2^0 — 144,9^0

berechnen, während das Wasserstoffthermometer,

1) Wied. Ann. **26**, 27, 1895.
2) C. R. **100**, 1188, 1885.
3) Wied. Ann. **59**, 213, 1896.

in dessen Gefäss der Platinwiderstand eingeschmolzen war, die Temperaturen

$-115,1^0 \quad -139,1^0 \quad -145,5^0$

ergeben hatte.

Anstatt nach Gleichung (2) die Celsiustemperaturen aus dem gemessenen Widerstand zu berechnen, haben Fleming und Dewar den von Callendar bereits früher für hohe Temperaturen eingeführten Begriff der „Platintemperatur" auch für tiefe Temperaturen adoptiert. Diese Platintemperatur ist dadurch definiert, dass die Widerstandsänderung eines Platindrahtes zwischen 0^0 und 100^0 C. als fundamentales Intervall und innerhalb dieses Intervalles jede Änderung des Widerstandes als der zugehörigen Temperaturänderung proportional angenommen wird. Die schräge Gerade, welche hiernach in dem bezeichneten Intervall die Endpunkte der Ordinaten, die den Widerstand als Funktion der Temperatur darstellen, miteinander verbindet, wird nach beiden Seiten verlängert, und als „Platintemperatur" ergiebt sich die vom Nullpunkt aus nach der einen oder anderen Seite gerechnete Abscisse, zu welcher der bei der betreffenden Temperatur gemessene Widerstand des Drahtes als Ordinate gehört. Oder mit anderen Worten: die Platintemperatur (Callendar bezeichnet dieselbe zum Unterschied von den Celsiustemperaturen mit dem Symbol pt) ist bestimmt durch die Formel

$$(3) \qquad pt = 100 \frac{R - R_0}{R_{100} - R_0},$$

in welcher R, R_0 und R_{100} bezw. den bei der zu bestimmenden Temperatur, bei 0^0 und bei 100^0 gemessenen Widerstand des Platindrahtes bezeichnen. Die Ausführung der Temperaturbestimmung wird bei dieser Definition natürlich sehr vereinfacht; und ganz ebenso wie bei Anwendung der Gleichung (2) erhält man mit verschiedenen Platinthermometern sehr angenähert die gleichen Temperaturen. Die Differenz D zwischen den Angaben des Gasthermometers und denjenigen des Platinthermometers ist durch die parabolische Funktion

$$(4) \qquad D = t - pt = d \cdot \frac{t}{100}\left(\frac{t}{100} - 1\right)$$

dargestellt, deren Faktor d durch Messung bei einer dritten Fixtemperatur bestimmt werden muss. Als solche benutzt Callendar für hohe Temperaturen den Siedepunkt des Schwefels ($444,53^0 + 0,82h$, wo h den Überdruck über 760 mm Hg bedeutet), für tiefe Temperaturen den Siedepunkt des Sauerstoffes ($-182,5^0 + 0,20h$). Das Platinthermometer bildet den Gegenstand einer Reihe eingehender Untersuchungen, die allerdings zumeist seine Anwendung für hohe Temperaturen betreffen; tiefen Temperaturen gelten besonders die Arbeiten von H. Dickson[1]) sowie von H. L. Callendar,[2]) woselbst auch Tabellen für die Reduktion der Platintemperaturen auf die Skala des Gasthermometers zu finden sind.

Mit der Temperaturbestimmung durch Widerstandsmessung teilt diejenige mit Hilfe des Thermoelementes den Vorzug, dass der Apparat bequem zu handhaben ist und dass derjenige Teil desselben, welcher sich an der Stelle befinden muss, deren Temperatur ermittelt werden soll, nur sehr wenig Raum beansprucht. Selbstverständlich aber bedarf das Thermoelement ebenso wie das Widerstandsthermometer einer empirischen Graduierung, das heisst es muss, während die eine Lötstelle des Thermoelementes eine konstante Temperatur behält, die andere der Reihe nach auf verschiedene anderweit bekannte Temperaturen gebracht und aus der für jeden Fall gemessenen elektromotorischen Kraft der Kombination eine Beziehung zwischen der Temperatur dieser Lötstelle und der thermoelektromotorischen Kraft gewonnen werden; und ebensowenig wie bei den Widerstandsthermometern ist es erlaubt, wenn man nicht eine neue Temperaturdefinition nach Art der Platintemperatur einführen will, die gefundene Formel erheblich ausserhalb des Temperaturbereiches, der ihrer Aufstellung zu Grunde gelegen hatte, zur Anwendung zu bringen; in der Nähe des neutralen Punktes werden die Angaben des Thermoelements überhaupt unzuverlässig und endlich bedarf das Thermoelement einer Kontrolle betreffs zeitlicher Veränderungen seiner E. M. K. Nicht jede thermoelektrische Kombination ist darum zur Messung tiefer Temperaturen geeignet. Die Beobachtungen, die Wroblewski 1885 an einem Thermoelement Neusilber-Kupfer anstellte, zeigen z. B., abweichend von den Schlussfolgerungen, die Wroblewski selbst daraus gezogen hatte, dass bei tiefen Temperaturen die Angaben dieses Elementes nicht als zuverlässig gelten können; dagegen fanden L. Cailletet und E. Colardeau[3]) für die Kombinationen Platin-Platinrhodium und Eisen-Kupfer bei -102^0 eine befriedigende Übereinstimmung mit dem Wasserstoffthermometer. Neuerdings haben L. Holborn und W. Wien[4]) die Kombination Eisen-Konstantan mit dem Wasserstoffthermometer verglichen. Bei sorgfältiger Auswahl der benutzten Drähte liefern verschiedene Exemplare dieses Thermoelementes übereinstimmende Angaben; die Beziehung zwischen der Temperatur an der Verbindungsstelle der beiden Metalle, während die Verbindungsstellen mit den zum Galvanometer führenden Drähten auf 0^0

1) Phil. Mag. (5), **44**, 445, 1897; **45**, 528, 1898.
2) Phil. Mag. (5), **47**, 191, 1899.
3) C. R. **106**, 1489, 1899.
4) Wied. Ann. **59**, 213, 1896.

erhalten werden, und der E. M. K. x (in Mikrovolt) ist durch die Formel

$$t = -0{,}01780\,x - 0{,}0000008784\,x^2$$

ausgedrückt. A. Ladenburg und C. Krüger[1]) finden allerdings, dass eine kubische Formel

$$t = -22{,}9049\,x + 1{,}07753\,x^2 - 0{,}18351\,x^3,$$

deren Konstanten sie mittels des Siedepunktes der flüssigen Luft und des Äthylens, sowie der Kohlensäure-Äthermischung bestimmen, die Beobachtungen genauer wiedergebe.

Ausgedehnte Untersuchungen über die elektrischen und magnetischen Eigenschaften der Körper bei tiefen Temperaturen verdanken wir J. A. Fleming und J. Dewar. Dieselben[2]) bestimmten den Leitungswiderstand der Metalle für Temperaturen von + 200° bis — 200°; analog dem Verhalten bei höheren Temperaturen fand sich allgemein, dass der Widerstand mit sinkender Temperatur bei den reinen Metallen rapide abnimmt. Der Temperaturkoeffizient variiert von Metall zu Metall; bei reinem weichen Kupfer z. B. fand sich derselbe zwischen 0° und 100° = 0,00428, etwas grösser als derjenige des Silbers; und da dieses Verhältnis auch für tiefere Temperaturen gilt, so müsste schliesslich für gleiche Temperatur das Kupfer besser leiten als das Silber. Besonders grosse Temperaturkoeffizienten, nämlich 0,00622 bezw. 0,00625 für das Intervall zwischen 0° und 100°, haben die magnetischen Metalle Eisen und Nickel; diese besonders starke Zunahme des Leitungsvermögens dauert auch bei tiefen Temperaturen fort. Eine graphische Darstellung des spezifischen Leitungswiderstandes in seiner Abhängigkeit von der Temperatur erweckt den Anschein, als ob beim absoluten Nullpunkt der Leitungswiderstand sämtlicher Metalle gleich Null, jedes Metall also ein vollkommener Leiter würde; eine genauere Prüfung ergiebt jedoch, dass die Temperatur, bei welcher auf Grund einer Extrapolation der Leitungswiderstand verschwinden müsste, für die verschiedenen Metalle nicht ganz die gleiche ist; sie liegt z. B. für Platin nach Gleichung (2a) bei — 258°, für Silber, nach Callendars Umrechnung der Platintemperaturen von Fleming und Dewar auf das Gasthermometer, bei — 248,4°; Kupfer und Eisen dagegen würden bereits bei — 223° vollkommene Leiter werden. Die letztere Zahl ist deshalb von besonderem Interesse, weil sie innerhalb des heute experimentell zugänglichen Temperaturintervalles liegt; eine experimentelle Verifizierung des durch Extrapolation gewonnenen Resultates dürfte deshalb geboten sein, wenn auch die Temperatur, bei welcher der Widerstand in einem Teile eines Stromkreises gleich Null wird, nicht leicht mit einiger Annäherung festzustellen ist.

Abweichend von den anderen Metallen verhält sich das Wismut, dessen Widerstand nach Fleming und Dewar[1]) durch Abkühlen erniedrigt wird, in einem transversalen Magnetfeld aber bei tiefer Temperatur auf einen Betrag steigt, der den bei gewöhnlicher Temperatur in dem gleichen Magnetfeld erreichten noch übertrifft. Folgende Zahlen wurden mit einem Draht aus elektrolytischem Wismut in einem zur Richtung desselben normalen Magnetfeld erhalten:

Temperatur	Stärke des Magnetfeldes in C. G. S.	
	0	14150
	Widerstand des Wismuts in Ohm	
19°	1,46	2,34
— 186°	0,53	22,4.

Schon geringe Verunreinigungen können das geschilderte Verhalten der Metalle wesentlich beeinflussen; der Zusatz einer kleinen Menge eines Metalles zu einem anderen hat zur Folge, dass die Widerstandskurve dieses letzteren parallel zu sich selbst um einen gewissen Betrag gehoben wird; so z. B. ist die Linie, welche die Änderung des Widerstandes einer Legierung von 6 Prozent Cu mit 94 Prozent Al mit der Temperatur darstellt, parallel zur Linie des Aluminiums, aber höher gelegen wie diese. Eine Folge dieses Verhaltens ist es auch, dass der Widerstand der Legierungen, abweichend von demjenigen der reinen Metalle, selbst bei den tiefsten Temperaturen nicht gegen Null konvergiert. Die höchsten Widerstände finden sich bei solchen Legierungen, deren Zusammensetzung einer bestimmten chemischen Verbindung entspricht. Mangan- und Nickelstahl zeigen, gleichzeitig mit der Änderung ihrer magnetischen Eigenschaften, bei einer bestimmten Temperatur eine plötzliche Richtungsänderung ihrer Widerstandskurve.

Bezüglich des thermoelektrischen Verhaltens der Metalle bei tiefen Temperaturen liegt — abgesehen von den bereits erwähnten Untersuchungen, welche die thermoelektrische Temperaturmessung zum Gegenstande haben — nur eine Arbeit von Fleming und Dewar[2]) vor. Zu derselben wurden Thermoelemente benutzt, die aus zwei dünnen durch einen Draht des zu untersuchenden Metalles miteinander verbundenen Bleidrähten hergestellt waren; die eine Verbindungsstelle wurde dauernd auf 0° gehalten, während die Temperatur der anderen zwischen — 200° und + 100° variiert wurde. Eine

1) Chem. Ber. **31**, 1818; **32**, 637.
2) Phil. Mag. (5), **36**, 271, 1893.

1) Proc. Roy. Soc. **60**, 72, 1896.
2) Phil. Mag. (5), **40**, 95, 1895.

graphische Darstellung der gemessenen thermoelektromotorischen Kräfte als Funktion der Temperatur ergiebt Kurven, welche in keinem Falle in ihrer ganzen Ausdehnung wirkliche Parabeln sind, sondern vielfach — z. B. beim Antimon — eine doppelte Krümmung besitzen, welche auf das Vorhandensein von mehr als einem neutralen Punkt mit Blei hinweist. Dementsprechend können auch die Linien des Taitschen Diagramms, welche das thermoelektrische Vermögen, das ist die Änderung der thermoelektromotorischen Kraft mit der Temperatur, als Funktion dieser letzteren darstellen, nur in einzelnen Fällen den gleichen geradlinigen Verlauf wie bei höheren Temperaturen aufweisen; in anderen Fällen, z. B. beim Eisen- und Klavierdraht, muss das thermoelektrische Diagramm eine gebrochene Linie bilden, deren Richtungsänderung einen Wechsel im Vorzeichen des Thomson-Effektes und somit wahrscheinlich eine tiefgehende Änderung der molekularen Struktur bei der betreffenden Temperatur bedeutet. Indessen bezeichnen Fleming und Dewar selbst ihre Untersuchungen auf diesem Gebiete als noch nicht abgeschlossen.

Die magnetischen Eigenschaften des Eisens und des Stahles werden durch tiefe Temperaturen in verschiedener Weise verändert; geringe Unterschiede in der Zusammensetzung und dem Härtegrad der einzelnen Eisen- und Stahlsorten scheinen dabei eine so wesentliche Rolle zu spielen, dass es noch nicht möglich ist, aus dem vorhandenen Beobachtungsmaterial allgemeine Schlüsse zu ziehen. Fleming und Dewar[1]) bestimmten das magnetische Moment kleiner Magnete, welche die Temperatur der Umgebung hatten oder durch Eintauchen in flüssige Luft auf die Temperatur dieser letzteren gebracht worden waren, mit Hilfe der ablenkenden Wirkung auf eine Magnetnadel; sie fanden, dass das Moment eines Magneten aus gewöhnlichem Stahl durch Abkühlen zunächst eine Verminderung und durch die Rückkehr zur Zimmertemperatur dann eine weitere Verminderung erfuhr; von da ab bewirkte jede neue Abkühlung eine Zunahme und die Rückkehr zur Zimmertemperatur darauf jedesmal eine entsprechende Abnahme des magnetischen Momentes. Die erste Abkühlung hatte also ein künstliches Altern des Magneten zur Folge. Die gleiche anfängliche Abnahme des magnetischen Momentes durch das erste Eintauchen in flüssige Luft fand sich sowohl bei gehärtetem Stahl von grosser Koerzitivkraft wie auch bei ausgeglühten Stahlproben; besonders stark war dieselbe bei einem Nickelstahl mit 19 Prozent Ni; bei diesem aber bewirkte, nachdem der bleibende Zustand erreicht war, entgegengesetzt wie bei den anderen Proben die Abkühlung jedesmal eine Schwächung des magnetischen Momentes, die Rückkehr zur Zimmertemperatur eine entsprechende Wiederzunahme desselben. Bei hoher Temperatur verliert dieser Nickelstahl, wie die übrigen Sorten, sein magnetisches Moment; ein Maximum des letzteren wurde bei einer zwischen 30 und 50° liegenden Temperatur gefunden. Chromstahl zeigte bei der ersten Abkühlung keine Abnahme, sondern eine geringe Steigerung des magnetischen Momentes.

Versuche über den Einfluss tiefer Temperaturen auf die magnetische Permeabilität und den Hysteresisverlust ergaben, dass die Permeabilität von weichem schwedischen Eisen für magnetisierende Kräfte bis zu 25 C. G. S. durch Abkühlung auf — 185° eine geringe Verminderung erfuhr, während der Hysteresisverlust unverändert blieb. Wurde dagegen dasselbe Eisen im nicht ausgeglühten Zustande untersucht, so nahm seine Permeabilität mit sinkender Temperatur zu und ein Teil dieser Zunahme blieb auch nach der Rückkehr zur Zimmertemperatur erhalten; überhaupt wurden die dauernden magnetischen Eigenschaften dieser Eisensorte durch Abkühlung und Erwärmung in einer Weise verändert, welche längere Versuchsreihen unmöglich machte; auch die Hysteresis zeigte bei tiefer Temperatur bald eine Zunahme, bald eine Abnahme. Deutlich trat die Zunahme der Permeabilität durch Abkühlung hervor bei einer durch Abschrecken gehärteten Probe desselben Eisens; dagegen verhielt sich Klavierdraht merkwürdigerweise wie ausgeglühtes Eisen.

Nach neueren Versuchen von A. H. Thiessen[1]) und G. Claude[2]) bleiben Permeabilität und Hysteresis beim Abkühlen bis zu — 185° für starke Induktionen konstant oder erleiden nur eine geringe Abnahme, während für schwache induzierende Kräfte mit sinkender Temperatur eine beträchtliche Abnahme stattfindet.

Die magnetische Susceptibilität paramagnetischer Substanzen scheint sich nach Fleming und Dewar[3]) bis zu tiefen Temperaturen direkt wie die Dichte und umgekehrt wie die absolute Temperatur zu ändern. Dasselbe ist auch beim flüssigen Sauerstoff der Fall, für dessen Susceptiblität sehr angenähert derjenige Wert gefunden wurde, der sich unter obiger Voraussetzung auch durch Berechnung aus dem Werte für gasförmigen Sauerstoff ergiebt.

Über Dielektrizitätskonstanten bei tiefen Temperaturen liegen eine Reihe von Veröffent-

1) Proc. Roy. Soc. **60**, 57 und 81, 1896.

1) Physical Review **8**, 65, 1899.
2) C. R. **129**, 409, 1899.
3) Proc. Roy. Soc. **63**, 311, 1898.

lichungen vor. Fleming und Dewar[1]) haben die Dielektrizitätskonstanten von reinem und unreinem Eis, von erstarrten Elektrolyten und von einer Anzahl bei gewöhnlicher Temperatur flüssiger, bei den Versuchstemperaturen aber fester organischer Substanzen bei Temperaturen bis zu derjenigen der flüssigen Luft gemessen. Das Verfahren bestand darin, dass ein Kondensator, dessen Armaturen aus zwei abgestumpften Hohlkegeln gebildet waren, zwischen welchen sich die zu untersuchende Substanz befand, vermittelst einer konstanten elektromotorischen Kraft durch ein Galvanometer hindurch abwechselnd geladen und entladen wurde; Ladung und Entladung wurden durch einen Stimmgabelunterbrecher von 124 Schwingungen pro Sekunde bewirkt und die Gleichheit der Ausschläge des Galvanometers für den Ladungs- und Entladungsstrom galt als Beweis für das Fehlen eines merklichen Leitungsvermögens; die Versuche wurden abgebrochen, sobald die Temperatur einen Punkt erreicht hatte, bei welchem diese Bedingung nicht mehr erfüllt war.

Die Dielektrizitätskonstante des Eises ist, wie bekannt, wiederholt bestimmt worden, die Ergebnisse aber lauten widersprechend: mit langsamen Schwingungen waren Werte gefunden worden, die nahe bei 80 lagen, also der Dielektrizitätskonstante des Wassers entsprachen, während mit rascheren Schwingungen sich Werte von nur etwa 3 ergeben hatten. Fleming und Dewar finden nun, wenn das Eis aus sorgfältig gereinigtem destilliertem Wasser hergestellt war, bei -206^0 bis -175^0 (die Temperaturen sind diejenigen des Platinthermometers) eine Dielektrizitätskonstante $= 2{,}43$, die nach dem Verlauf ihrer Abhängigkeit von der Temperatur bei 0^0 etwa 80 betragen müsste; indessen konnten die Messungen nicht bis zu diesem Punkte verfolgt werden, weil bereits bei einer erheblich tieferen Temperatur sich ein merkliches Leitungsvermögen einstellte. Auch die Dielektrizitätskonstante des Glyzerins fand sich bei $-200^0 =$ ca. 3 mit starkem Anwachsen bei steigender Temperatur. Der Verlauf der Kurven für Eis und Glyzerin zeigt, dass die Dielektrizitätskonstanten beider Substanzen bei einer gewissen Temperatur ein Maximum besitzen müssen; an Eis, welches aus gewöhnlichem destillierten Wasser hergestellt war, konnte dieses Maximum bei -65^0 direkt nachgewiesen werden.

Gefrorene Lösungen von Elektrolyten zeigen nach Fleming und Dewar bei tiefen Temperaturen ein verschiedenes Verhalten. Ein Teil der Substanzen beeinflusst, auch wenn dieselben in grossen Mengen (5—50 Proz.) dem Wasser zugesetzt sind, die Dielektrizitätskonstante nicht wesentlich und man findet bei der Temperatur der flüssigen Luft Werte zwischen 2 und 3; andere Elektrolyte dagegen erhöhen den Wert der Dielektrizitätskonstante auf 3 bis 10, während eine dritte Gruppe bei der Temperatur der flüssigen Luft Dielektrizitätskonstanten im Werte 30 bis 70, also von der Grössenordnung derjenigen des Eises beim Schmelzpunkt, aufweist. Fleming und Dewar sind allerdings der Ansicht, dass bei noch tieferen Temperaturen auch die Dielektrizitätskonstanten der zweiten und dritten Gruppe schliesslich auf einen Wert zwischen 2 und 3 sinken würden; indessen fehlt hierfür bislang der experimentelle Beweis. Der Widerstand der gefrorenen Elektrolyte ist bei den tiefsten Temperaturen im allgemeinen sehr gross, sinkt aber mit wachsender Temperatur und nimmt plötzlich bedeutend ab bei einer Temperatur, die noch weit unterhalb des Schmelzpunktes liegt. Ähnliche Verschiedenheiten wie bei den Salzlösungen zeigen sich auch bezüglich des Einflusses anderer im Eis gelöster oder suspendierter Stoffe (Oxyde und Hydrate) auf die Dielektrizitätskonstante; die einen beeinflussen dieselbe nicht wesentlich, während andere dem Eise, auch wenn dasselbe nur geringe Mengen davon enthält, noch bei der Temperatur der flüssigen Luft eine ungemein hohe Dielektrizitätskonstante erteilen. Auch dieser Einfluss würde indessen nach der Ansicht von Fleming und Dewar bei noch tieferen Temperaturen verschwinden.

Die Genannten untersuchten ferner eine Reihe organischer Flüssigkeiten, welche erst bei tiefen Temperaturen in den festen Zustand übergehen. Die Versuche bestätigten zunächst die Erfahrung, dass die Anwesenheit der Atomgruppen *HO*, *CO* und *COOH* im Molekül stets verhältnismässig hohe Dielektrizitätskonstanten bedingt, so lange die betreffende Substanz noch flüssig oder nicht weit unter ihren Erstarrungspunkt abgekühlt ist; starke Temperaturerniedrigung hebt aber die Wirkung dieser Gruppen auf und führt zu Dielektrizitätskonstanten zwischen 2 und 3.

Die Resultate von Fleming und Dewar bezüglich des dielektrischen Verhaltens von Eis und gefrorenen Elektrolyten sind von R. Abegg[1]) einer Kritik unterzogen worden. Derselbe macht geltend, dass in dem Kondensator, dessen Dielektrikum der gefrorene Elektrolyt bildet, durch den Ladungsstrom eine elektrolytische Polarisation hervorgerufen werden müsse, dass also die beobachtete Kapazität nicht nur dielektrischer Natur sei, sondern zu unberechenbaren Beträgen auch aus Polarisations-

1) Proc. Roy. Soc. **61**, 2, 299, 316, 358, 368 und 380, 1897; **62**, 250, 1898.

1) Wied. Ann. **62**, 249, 1897.

kapazität bestehe; die Gleichheit des Ladungs- und Entladungsstromes, die von Fleming und Dewar als Beweis für das Fehlen dieses Einflusses betrachtet wurde, verliere diese Bedeutung, sobald, wie es bei tiefen Temperaturen der Fall sei, die Depolarisationsgeschwindigkeit so gering geworden sei, dass der Vorgang praktisch als umkehrbar gelten könne. Versuche an einer Mischung von Salzsäure und Alkohol mit polarisierenden Kräften bis zu 1,45 Volt dienen Abegg zur Stütze seiner Ansicht. Bei ihren ersten Messungen hatten Fleming und Dewar in der That diesen Betrag der Spannung des Ladungsstromes nicht überschritten; in der Folge nahmen sie jedoch Messungen mit höheren Ladungsspannungen vor und diese ergaben Werte, welche in der Grössenordnung mit den früher gefundenen übereinstimmten. Nach der Nernstschen Brückenmethode und mit einer höheren Wechselzahl des zur Messung benutzten Ladungsstromes (350 Wechsel pro Sekunde gegen die früheren 124) bekamen allerdings auch Fleming und Dewar für einige gefrorene Elektrolyte bedeutend geringere Zahlen als bei den früheren Messungen (7,12 gegen 123,0 für Kaliumhydrat; 3,55 gegen 81,6 für Rubidiumhydrat; 3,6 für gewöhnliches Eis); indessen ist Abegg[1]) der Ansicht, dass auch diese Versuche die Frage der Dielektrizitätskonstante des Eises noch nicht einwandsfrei beantworten, weil die Resultate der einzelnen Messungen zu sehr voneinander abweichen. Beim Erstarren unreinen Wassers gehe eine Konzentration der Verunreinigung zu gesättigten Lösungen vor sich; diese bleiben bis zu ihrer möglicherweise sehr tief liegenden kryohydratischen Temperatur flüssig, durchsetzen das Eis in Gestalt eines Netzwerkes leitender Kanälchen und sind durch ihre zufällige Form von wesentlichem Einfluss auf die scheinbare Kapazität des Kondensators. Fleming und Dewar dagegen wollen die grossen Unterschiede zwischen den nach ihrer ursprünglichen und nach der Nernstschen Methode erhaltenen Zahlen lediglich auf Rechnung der verschiedenen Frequenz des in beiden Fällen benutzten Stromes setzen — ein Faktor, dessen Einfluss auch Abegg nicht verkennt, den er jedoch zur Erklärung der beobachteten Verschiedenheiten nicht für ausreichend erachtet. Zur Entscheidung der wichtigen Frage sind also noch weitere Versuche erforderlich. (Schluss folgt.)

1) Wied. Ann. **65**, 229 und 923, 1898.

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

J. Drecker (Aachen), Referat über direkte Farbenphotographie.

Zwei Ursachen sind es, welche uns einen Körper farbig erscheinen lassen: Absorption und Interferenz. Bei der Absorption wird die Energie bestimmter Strahlengattungen in eine andere Energieart (chemische, thermische, elektrische) verwandelt. Bei der Interferenz findet ein solcher Umtausch von Lichtenergie nicht statt, wir sehen Interferenzfarben bei dünnen, durchsichtigen Blättchen, bei Krystallen im polarisierten Lichte u. s. w. Beide Arten von Farben können durch Photographie erzeugt werden. Seebeck hatte schon im Jahre 1810 die Beobachtung gemacht, dass vorbelichtetes, grau gewordenes Chlorsilber unter Einwirkung farbigen Lichtes selbst die Belichtungsfarben annimmt. 30 Jahre später entdeckte diese vergessene Thatsache Herschel aufs Neue. Aber erst Becquerel erkannte die grosse Bedeutung der Sache und machte weitergehende Versuche, vor allem auch mit chlorierten Silberplatten, auf welchen er weit glänzendere Farben erzielte. Poitevin nahm die Versuche mit vorbelichteten Chlorsilberpapier wieder auf und machte auf diesem Gebiete grosse Fortschritte durch besondere Präparation des Papiers. Allen den so hergestellten Bildern haftet der Fehler an, dass sie nicht fixierbar sind.

Zenker erklärte die entstehenden Farben durch die Annahme, dass die in das Chlorsilber eindringenden Lichtstrahlen an der Rückseite reflektiert würden und nun mit den ankommenden stehende Lichtwellen bildeten. Dann wird die chemische Wirkung des Lichtes nur in den Bäuchen der stehenden Wellen auftreten, dagegen in den Knoten ausbleiben. Es entsteht also ein Körper mit geschichtetem Bau, der Abstand je zweier Schichten beträgt eine halbe Wellenlänge des erzeugenden Lichtes. Fällt nun auf einen solchen Körper weisses Licht, so werden diejenigen Strahlen, welche mit der Belichtungsfarbe gleiche Wellenlänge haben, von sämtlichen Elementarschichten in gleicher Phase reflektiert, da der Wegunterschied der von je zwei aufeinanderfolgenden Schichten reflektierten Strahlen eine ganze Wellenlänge ist. Andersfarbiges Licht erleidet eine Phasendifferenz und wird durch Interferenz ausgelöscht, um so mehr, je mehr es von der Belichtungsfarbe abweicht. Experimentell wurden

stehende Lichtwellen, wie sie von Zenker in einer Erklärung der Farbenbildung angenommen wurden, erst im Jahre 1890 durch Wiener nachgewiesen. Ein Jahr später gelang es Lippmann durch absichtliche Hervorrufung derselben farbige Photographien herzustellen. Lippmann setzt in die Kamera eine besonders präparierte Bromsilber-Gelatine- oder Eiweissplatte, die Glasseite dem Objektiv zugekehrt und bringt hinter die Schicht Quecksilber. Das Licht geht durch die klare Schicht zum Quecksilber und die vom Quecksilber reflektierten Wellen bilden mit den ankommenden stehende Wellen. Die Resultate Lippmanns sind als glänzende Bestätigung der Zenkerschen Theorie aufzufassen, soweit sich dieselbe auf die Becquerelschen Bilder auf polierten Silberplatten bezieht, bei denen ja die Verhältnisse ganz so wie bei den Lippmannschen Platten liegen; dagegen war diese Theorie nicht aufrecht zu halten für die Seebeckschen und Poitevinschen Bilder; in pulverförmigen Körpern und auf Papierunterlage sind stehende Wellen nicht denkbar. Eine experimentelle Unterscheidung zwischen Körperfarben und Absorptionsfarben ist heute leicht und die Probe ergiebt in Uebereinstimmung mit den theoretischen Überlegungen, dass auf Becquerelschen Silberplatten und auf den Lippmannschen Platten Interferenzfarben, dagegen auf Seebecks und Poitevins Bildern Absorptionsfarben vorhanden sind. Neuerdings ist es noch Neuhauss gelungen, die Elementarschichten in Eiweisshäutchen, auf welchen nach Lippmanns Verfahren das Spektrum photographiert war, direkt mit dem Mikroskop bei 4000facher Linearvergrösserung nachzuweisen. Die Schichten haben im Rot des Spektrums einen Abstand von 220 bis 250 $\mu\mu$. $\left(\frac{\lambda}{2} : n\right)$.

Eine Erklärung der Entstehung der Körperfarben in den Seebeckschen und Poitevinschen Bildern gab Wiener, gestützt auf den Nachweis Krones und Carey-Leas, dass es Körper giebt, welche unter Einwirkung des Lichtes sich so ändern können, dass Verbindungen entstehen, welche Farben in fast allen Abstufungen des Spektrums zeigen. Diese durch Einwirkung des Lichtes primär entstandenen farbigen Verbindungen sind ihrerseits wieder farbenempfindlich, d. h. sie verändern sich noch weiter und bilden neue farbige Verbindungen. Von diesen Verbindungen wird nun diejenige allein nicht weiter geändert, bleibt also erhalten, welche mit der Belichtungsfarbe gleichfarbig ist, denn diese wirft das auffallende Licht zurück, absorbiert es nicht, kann also auch nicht durch dasselbe verändert werden. Man hat bis jetzt noch kein Mittel gefunden, diese Farben zu fixieren, obgleich die Möglichkeit einer Fixierung durch Analogie mit den Erfahrungen auf dem Gebiete der Färbetechnik von Geweben nahe gelegt ist.

Bezüglich der Lippmannschen Interferenzbilder waren noch eine Reihe strittiger Punkte aufzuklären, namentlich zeigte sich eine nicht genügende Übereinstimmung der Farben mit den Belichtungsfarben. Wiener gelang es im vorigen Jahre, auch hier Klarheit zu schaffen. Er zeigte, dass der Hauptgrund der Nichtübereinstimmung in der Wirkung der Oberflächenreflexion zu suchen sei. Während nämlich der Phasenunterschied der von je zwei Zenkerschen Schichten reflektierten Wellen gleich Null ist, zeigt die von der Oberfläche reflektierte Welle eine Phasenverschiebung gegen die aus der Schicht kommenden Wellen, und bewirkt eine Verschiebung der Farbe nach der roten Seite des Spektrums. Mit der Aufdeckung der Ursache des Fehlers war auch das Mittel zur Abhilfe gegeben, nämlich die Ausschaltung der Oberflächenreflexion durch ein aufgekittetes Glasprisma. Diesen Weg hat Neuhauss eingeschlagen, und es ist ihm gelungen, Bilder herzustellen, welche mit den Originalen sehr gute Farbenübereinstimmung zeigen, wie die durch Projektion vorgezeigten Proben (Spektrum, Pflanzen, Vögel, Porträt) beweisen.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 30. September 1900.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Das Slaby-Arcosche System der Funkentelegraphie.

Im folgenden soll nach Angaben der Electrical Review[1]) die Slaby-Arcosche Funkentelegraphie, welche sich von dem Marconischen System in einigen Punkten wesentlich unterscheidet, kurz beschrieben werden.

Das Hauptunterscheidungsmerkmal beider Systeme besteht darin, dass die Luftleitung resp. das Drahtnetz bei Marconi gegen die Erde gut isoliert wird, bei der Slaby-Arcoschen Anordnung dagegen sowohl beim Geber als auch Empfänger geerdet ist.

Anordnung von Sende- und Empfangsstation

1) Electric. Review, London, 31. Aug. 1900.

sind in beifolgender Figur 1 schematisch dargestellt.

Der Kondensator *C* aus Micanit wird durch den grossen Funkeninduktor *J* geladen; letzterer kann direkt an eine Lichtleitung unter Benutzung eines Turbinenunterbrechers angeschlossen werden. Dieser Unterbrecher ist mit einem Telegraphentaster ausgerüstet. Da der gewöhnliche Morsetaster bei Anwendung grösserer Stromstärken infolge starker Lichtbogenbildung einer schnellen Abnutzung unterliegt und unexakt arbeitet, ist die Anordnung des Turbinen-Morsetasters eine derartige, dass die Welle der Turbine verschiebbar ist und an einem doppelarmigen Tasterhebel sitzt, durch den sie gehoben oder gesenkt werden kann.

In der Ruhelage des Tasters rotiert der aus der Düse des Unterbrechers ausspritzende Quecksilberstrahl unterhalb des Segmentringes. Wird der Taster heruntergedrückt, so wird dadurch die Turbinenwelle gehoben und der Quecksilberstrahl trifft gegen den Segmentring und bewirkt die periodischen Stromschlüsse und

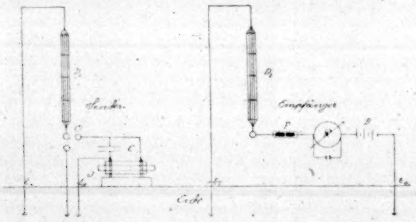

Fig. 1.

Unterbrechungen. Beim Loslassen des Tasters sinkt die Welle durch ihr eigenes Gewicht in die Tieflage zurück. Die Kondensatorenladung erfolgt einerseits über die Oscillatorstrecke *O* und den für die Übertragung bestimmten Drahtnetz D_1 durch E_1, anderseits durch E_2 direkt zur Erde.

Bei dem Empfangsapparat sind das geerdete Luftdrahtnetz D_2, der Fritter *F*, das Relais *R* des Morseapparates und Klopfers und die Batterie *B*, die an Erde liegt, in Serie geschaltet. Durch diese Anordnung wird die Schwächung der elektrischen Wellen vermieden, die bei Marconi durch den im Nebenschluss zum Kohärer befindlichen Lokalstromkreis eintrat.[1]) Ausserdem sind auch atmosphärische Störungen infolge der Erdung des Luftdrahtes beseitigt. Eine weitere Vervollkommnung liegt in der Einführung einer selbstthätigen Unterbrechung des Kohärerstromes.[2]) Der Schlag des Klopfers gegen die Frittröhre erfolgt erst in dem Moment, wo letztere stromlos ist, so dass die bei der Unterbrechung des Stromes entstehenden Funken nicht innerhalb der Röhre auftreten, wodurch die Haltbarkeit des Fritters wesentlich erhöht wird. Zu diesem Zweck ist eine besondere Stromschlussstelle *p* im Stromkreise der Frittröhre *F* angeordnet, welche gewöhnlich geschlossen ist, bei Bewegung des Klopfers *K* gegen die Frittröhre *F* jedoch unterbrochen wird, und zwar bevor der Klopfer die Röhre berührt, so dass der Schlag auf die Röhre nach Auftreten des Funkens im Klopferkreise und im stromlosen Zustande der Röhre ausgeführt wird. In der Figur 2 bezeichnet *E* eine Ortsbatterie, *R* ein Relais, *L* eine Hilfsbatterie, *M* den Morseschreiber, *K* einen Klopfer, *p q* sind die Stromschlussstellen. Die Wirkungsweise dieser Schaltung ist folgende: der Strom-

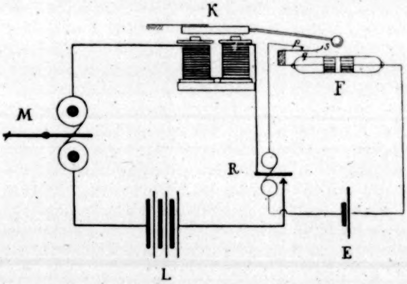

Fig. 2.

schluss *p q* sei geschlossen. Bei Bestrahlung fliesst aus *E* durch das Relais *R* ein Strom. Das Relais schliesst den aus der Batterie *L*, dem Morseschreiber *M* und dem Klopfer *K* bestehenden Stromkreis; der Klopferhebel nähert sich der Frittröhre *F*, öffnet dabei durch einen Anschlag *s* den Stromschluss *p q*, ohne dass ein merklicher Öffnungsfunke entsteht, schlägt schliesslich noch gegen die Röhre und stellt so wieder den losen Kontaktzustand her. In dem Augenblicke, wo *p q* geöffnet wird, beginnt auch das Relais den Lokalstrom zu unterbrechen.

Eine andere Verbesserung besteht in der Veränderung der Empfindlichkeit des Kohärers mittelst hermetisch eingesetzter Leitungsdrähte.

Es sei noch erwähnt, dass die blanken Drähte der Luftdrahtnetze einen Cylindermantel bilden; durch in grösseren Zwischenräumen angebrachte Kreisringe aus isolierendem Material werden sie in ihrer Lage festgehalten.

Das System dient vor allem für Übertragung von Mitteilungen zwischen Schiffen, ist in der deutschen Kriegsmarine eingeführt und arbeitet vollkommen zuverlässig auf Entfernungen bis zu

1) Ein gleiches wird durch die in I, 616, 1900 dieser Zeitschrift beschriebene Transformator-Anordnung der Funkentelegrapheustation Borkum erreicht.

2) Vgl. D. R. P. No. 113, 285.

50 km. Mehrere Apparate dieses Systems finden auch Verwendung auf dem chinesischen Kriegsschauplatz. Als Stromquelle dient dort eine Akkumulatorenbatterie, die durch den Motor eines Automobils geladen wird. Die Apparate werden von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin gebaut und auch auf der Pariser Weltausstellung (Elektrizitätspalast) im Betriebe vorgeführt.

Eine ca. 15 km lange Überlandstrecke dieses Systems befindet sich auch in Berlin und zwar besteht eine Verbindung zwischen dem Kabelwerk Oberspree in Niederschönweide und dem Centralbureau der A.-E.-G. am Schiffbauerdamm in Berlin. Die vertikalen ca. 50 m hohen Drähte sind an zwei hohen Schornsteinen der Elektrizitätswerke angebracht. E. Ruhmer.

(Eingegangen 24. September 1900.)

BESPRECHUNGEN.

O. Behrendsen, Die mechanischen Werkstätten der Stadt Göttingen, ihre Geschichte und ihre gegenwärtige Einrichtung. Melle i. Hannover, F. E. Haag. 1900. M. 2.—.

Die vorliegende Schrift ist aus dem Gedanken hervorgegangen, dass ein gewisses korporatives Zusammenwirken sowohl örtlich als auch dem Geschäftszweige nach nur fördernd auf den gemeinsamen Umsatz einwirken kann. Es war daher den Göttinger Mechanikern, unter denen Firmen von hervorragender Bedeutung sind, zunächst nahe gelegt worden, eine gemeinsame Agentur zu gründen, welche bestimmt sei, Aufträge für die in Göttingen vertretenen Betriebe zu sammeln und sie den einzelnen Geschäften zu überweisen. Eine speziellere Prüfung dieses Vorschlages zeigte aber, dass verschiedene Geschäftsinhaber aus sachlichen Gründen eine Verwirklichung, als mit ihren gegenwärtigen Vertretungen kollidierend, ablehnen mussten. Die Ausführung der gegebenen Anregung erhielt daher eine andere Gestalt, welche zugleich durch die mit in Frage gebrachte Absicht, auf der Pariser Weltausstellung gemeinsam aufzutreten, beeinflusst wurde, so dass die Form einer Denkschrift gewählt wurde, die neben Mitteilungen über die gegenwärtig bestehenden Firmen auch als dritten mehr wissenschaftlich gehaltenen Teil eine Schilderung enthalten sollte, in welcher Weise die Göttinger mechanischen Werkstätten an der Entwicklung der deutschen Mechanik teilgenommen haben, und welchen Einfluss und welche Förderung die der Georgia Augusta angehörigen Gelehrten auf die einzelnen Werkstätten gehabt haben. Während die Beschreibungen der Werkstätten und ihrer Erzeugnisse jenen selbst oblag, hatte Prof. Behrendsen die Abfassung des ersten Teiles übernommen. In der That kann nun dieser erste Teil des uns vorliegenden, vor einigen Monaten erschienenen Werkes als ein höchst interessanter Beitrag zur Geschichte der mechanischen Kunst in Deutschland betrachtet werden, indem dort an der Hand authentischen Materials in vorwiegend historischer Form geschildert wird, wie bis zum Ende des 18. Jahrhunderts die Göttinger und mit ihnen zugleich fast alle deutschen Mechaniker im wesentlichen von ausländischen, namentlich englischen Vorbildern abhängig waren, dann aber durch die Einwirkung von Bessel, Gauss, Schumacher und die bedeutenderen technischen Künstler wie Reichenbach, die Repsolds, Fraunhofer, Ertel u. a. die deutsche Mechanik selbständig wurde und nunmehr zum Schlusse des eben verflossenen Jahrhunderts zu hoher Blüte gelangt ist.

Prof. Behrendsen zeigt, wie in Göttingen erst mit der Gründung der Sternwarte und namentlich durch Tobias Mayer ein Mechaniker, der Senator Lebrecht Kampe, in den Vordergrund tritt, dem dann der „Universitäts-Optikus" Joh. Christian Baumann folgt. In naher Verbindung mit einer an der Universität gegründeten sog. „Modellkammer", welche allerlei physikalische, mathematische und technische Apparate und Modelle solcher enthielt,[1]) standen u. a. die Mechaniker Riepenhausen, Reus, Gotthard und Ciechansky. — Die Gründung eines Physikalischen Instituts durch Georg Chr. Lichtenberg um das Jahr 1775 hatte weiteren belebenden Einfluss auf die Ausbildung der mechanischen Kunst in Göttingen. — Zu Beginn des 19. Jahrhunderts tritt in erster Linie Friedrich Apel hervor, der unter Tobias Mayer d. Jüngeren und später unter Gauss als Mechaniker für die Göttinger wissenschaftlichen Institute arbeitete. Neben diesen zeichnet sich als hervorragender Mechaniker Rumpf aus. Durch Gauss und Wilh. Weber wurden wieder neue Aufgaben gestellt, welchen der in den dreissiger Jahren auf der Höhe seiner Leistungsfähigkeit stehende Friedr. Apel und der später zu grossem Ansehen gelangte Moritz

1) Diese „Modellkammer" hat noch bis vor wenigen Jahren bestanden, sie wurde nach Abgabe der astronomischen und physikalischen Instrumente durch Geh. Rath Klein in eine Sammlung mathematischer Modelle umgewandelt.

Meyerstein gerecht zu werden suchten. — Je grösser die Anforderungen an die Genauigkeit der Instrumente wurden und je ausgedehnter deren Bedarf und je grösser ihre Mannigfaltigkeit wurde, desto mehr spezialisierte sich deren Herstellung. Die einzelnen Firmen befassten sich nicht mehr mit dem Bau aller möglichen Apparate, sondern sie suchten auf engerem Gebiete Vortreffliches zu leisten, was nur bei der gehörigen Beschränkung möglich ist. Demgemäss begegnen wir nun in dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts einer grösseren Reihe von Mechanikern, die nach ihren Leistungen und ihren Spezialbetrieben eingehend geschildert werden. Darunter das noch heute unter Dr. M. Apel bestehende Geschäft, die weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannten Firmen Wilh. Lambrecht, Rudolf Winkel, Voigt & Hochgesang (jetzt unter R. Brunnée), F. Sartorius, August Becker (Nachfolger Meyersteins), G. Bartels, Carl Diederichs (jetzt Spindler & Hoyer) und das schnell aufblühende Elektrotechnische Geschäft von Gebr. Ruhstrat.

So giebt Prof. Behrendsen ein frisch und anziehend geschriebenes Bild einer kleinen „Episode" aus der grossen Geschichte der mechanischen Kunst, welches die interessanten Wechselbeziehungen zwischen Künstler und Gelehrten in vielen Punkten erkennen lässt. — Dem reihen sich als zweiter Teil, wie bemerkt, die Einzeldarstellungen der verschiedenen Göttinger Mechaniker an, in denen sie die von ihnen hergestellten Apparate und auch zum Teil die dabei zur Geltung gebrachten Prinzipien in eingehender Weise schildern. Es würde hier viel zu weit führen, im speziellen auf diese Schilderungen einzugehen, es mag hier nur genügen, wenn die beteiligten Firmen mit den von ihnen in vorwiegendem Masse vertretenen Gebieten namhaft gemacht werden und zur eigenen Lektüre dieser Schilderungen alle, die es angeht, aufgefordert werden.

August Becker — Mikrotome der verschiedensten Art; Wilh. Lambrecht — Meteorologische Instrumente; Gebr. Ruhstrat — Elektrotechnische Apparate und Installationen; F. Sartorius — Präzisionswagen aller Art und hygienische Apparate (Wärmekästen u.s.w.); Spindler & Hoyer (C. Diederichs) — Geodätische, magnetische und physikalische Instrumente; Voigt & Hochgesang (Inh. R. Brunnée) — Optische und mechanische Apparate, Mikroskope, Goniometer und reiche Sammlungen von Dünnschliffen, Wagen; Rudolf Winkel — Mikroskope zu allen Zwecken, insbesondere solche, die den höchsten Anforderungen genügen.

Eine vorzügliche Ausstattung sowohl im Druck als auch durch reichen Figurenschmuck gereicht dem Werkchen zum Vorzug. Dasselbe ist sowohl im Buchhandel (Mk. 2) zu haben, als auch auf Verlangen von den beteiligten Firmen, welche es Interessenten gerne gratis zukommen lassen, um ihnen einen Einblick in den erheblichen Umfang und die Bedeutung der Göttinger mechanischen Werkstätten zu gewähren. L. A.

(Eingegangen 25. September 1900.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Behrendsen, O., Die mechanischen Werkstätten der Stadt Göttingen, ihre Geschichte und ihre gegenwärtige Einrichtung. Denkschrift, herausgegeben bei Gelegenheit der im Jahre 1900 zu Paris stattfindenden Weltausstellung von den vereinigten Mechanikern Göttingens. Melle, F. E. Haag, 1900. 148 S. M. 2.—.

Ebert, H., Die Theorie des Elektromagnetismus. Mit 17 Abbildungen. Leipzig, S. Hirzel. 1900. VIII u. 83 S. M. 4.50.

Föppl, Aug., Vorlesungen über technische Mechanik. Zweiter Band. Graphische Statik. Mit 166 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner. 1900. X u. 452 S. Preis gebunden M. 10.—.

Fortschritte der Physik im Jahre 1899. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 55. Jahrgang. Erste Abteilung, enthaltend Physik der Materie, redigiert von Richard Börnstein und Karl Scheel. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1900. LXXVIII u. 693 S. M. 26.—.

Kayser, H., Handbuch der Spektroskopie. Erster Band. Geschichte der Spektroskopie. Beschreibung und Theorie der Apparate. Mit 251 Figuren. Leipzig, S. Hirzel. 1900. XXIV u. 784 S. M. 40.—; gebunden M. 44.—.

Kollert, J., Die galvanischen und thermoelektrischen Stromquellen. Mit 35 Abbildungen. Leipzig, S. Hirzel. 1900. IV u. 56 S. M. 3.—.

Zeuner, Gustav, Technische Thermodynamik. 2. Auflage (zugleich 4. vollständig neubearbeitete Auflage der „Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie"). Erster Band. Fundamentalsätze der Thermodynamik. Lehre von den Gasen. Mit 65 in den Text gedruckten Holzschnitten. Leipzig, Arthur Felix. 1900. XVI u. 436 S. M. 13.—.

Personalien.

Dr. Ferdinand Anton, Leiter des k. k. astronomisch-meteorologischen Observatoriums in Triest, ist daselbst im 57. Lebensjahre am 3. Oktober gestorben.

Professor Dr. Richard Abegg (Breslau), der kürzlich ernannte Extraordinarius für physikalische Chemie, hat einen Ruf als ordentlicher Professor an die Universität Christiania abgelehnt.

Berichtigungen.

Das Vorlesungsverzeichnis für Winter-Semester 1900/1901 der Technischen Hochschule zu Braunschweig ist durch die folgenden Vorlesungen zu ergänzen: **Wernicke**: Mechanik. — **R. Meyer**: Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Biehringer und Maier). — **Reinke**: Technische Chemie I; Arbeiten im Laboratorium für Zucker, Stärke und Gährungstechnik (mit Krause). — **Troeger**: Chemie der Urgoldderivate. — **Beckurts**; Maassanalyse, Abwässerreinigung, Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, technische Rohstofflehre, gerichtliche Chemie; chemisches Praktikum auf dem Gebiet der gerichtlichen Chemie, der Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln u. s. w (mit Troeger und Frerichs).

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.